

# BREVET D'INVENTION

Gr. 5. — Cl. 8.

Classification internationale No 1.185.481  
F02 — F021

Perfectionnements apportés aux installations de turbines à gaz.

Société dite : THE BRITISH THOMSON-HOUSTON COMPANY LIMITED résidant en Grande-Bretagne.

Demandé le 20 septembre 1957, à 15<sup>h</sup> 2<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré le 16 février 1959. — Publié le 31 juillet 1959.

(Demande de brevet déposée en Grande-Bretagne le 21 septembre 1956,  
au nom de la demanderesse.)

La présente invention se rapporte aux installations de turbines à gaz comportant des turbines de puissance indépendantes, c'est-à-dire dont le rendement net est produit par une ou plusieurs turbines mécaniquement indépendantes d'un ou de plusieurs compresseurs faisant partie de l'installation.

L'invention convient particulièrement aux turbines à gaz destinées à fonctionner sur une gamme étendue de températures d'air ambiant, par exemple aux turbines à gaz utilisées dans la marine.

Un point caractéristique de la turbine à gaz consiste en ce que, à température constante d'admission de turbine, la puissance s'abaisse appréciablement avec l'augmentation de la température ambiante. Par exemple, une simple installation de turbine à gaz à un seul arbre comprenant un compresseur et une turbine qui entraîne ce dernier, et produisant un rendement net, perd environ 20 % de ce rendement net quand la température ambiante s'élève de 15° à 38 °C, la température d'admission de la turbine restant constante. Les raisons principales de cette perte de puissance sont qu'aux températures ambiantes plus élevées la compression de l'air nécessaire à l'installation absorbe au plus fort pourcentage du rendement total de la turbine, et que l'écoulement massif est réduit du fait de la plus faible densité de l'air.

Dans le cas d'une simple installation de turbines à gaz avec turbine de puissance à marche libre, comprenant une turbine à haute pression entraînant le compresseur et une turbine à basse pression produisant le rendement net, la perte de puissance est encore plus grande et s'élève à environ 28 % lorsque la température passe de 15° à 38 °C. La raison de cette plus forte perte de puissance dans le cas d'une turbine de puissance indépendante est qu'aux températures ambiantes plus élevées le plus grand pourcentage de force qu'exige la compression résulte en une réduction de la vitesse de l'arbre compresseur-turbine à haute pression, de

sorte que l'écoulement massif est encore réduit du fait d'une réduction appréciable en quantité ainsi qu'en densité de l'agent moteur.

La perte de puissance due aux élévations de températures ambiantes peut même encore être plus importante dans les cycles complexes comportant par exemple la réfrigération réciproque.

En général, on peut dire que meilleur est le rendement à charge partielle d'une turbine à gaz, plus forte est la perte de puissance due à l'élévation de température ambiante, ou la perte des composantes de rendement. La raison en est que plus le rendement à charge partielle est fort, plus la température d'admission est élevée à charge partielle. Le fonctionnement à température ambiante plus élevée équivaut au fonctionnement à charge partielle à température ambiante prévue. Par suite, plus la température d'admission de turbine s'abaisse lentement à charge réduite, plus la puissance tombe rapidement avec l'élévation de la température ambiante et à température constante d'admission de turbine.

Une turbine à gaz, en service normal, peut éprouver une certaine perte des composantes de rendement (compresseur et turbine). Ceci est particulièrement le cas lorsque la turbine à gaz fonctionne au moyen d'une huile lourde résiduelle, et qu'il se produit un dépôt de cendre sur son aubage. Le dépôt formé sur l'aubage du compresseur par les impuretés aspirées avec l'air (huile, sel de l'eau de mer ou particules solides) peuvent avoir un effet similaire. La baisse du rendement de la turbine à haute pression ou du compresseur donnera également lieu à une réduction de vitesse de l'arbre compresseur-turbine à haute pression, et par suite, une réduction de puissance. L'effet combiné de l'élévation de température ambiante et de la réduction de rendement de turbine peut amener une sérieuse baisse de la puissance nette fournie par l'installation.

L'invention a pour but d'éliminer ou de réduire la baisse de puissance maximum de sortie due à la réduction de vitesse du compresseur.

Ce résultat s'obtient en fournissant une puissance supplémentaire à l'arbre ou aux arbres du ou des compresseurs.

La puissance supplémentaire supprimera ou réduira le ralentissement du ou des compresseurs, et par suite, réduira la perte de puissance de sortie aux températures ambiantes élevées, et/ou les composantes de rendement réduites. Si la puissance supplémentaire est suffisante pour maintenir constante la vitesse de compresseur, le rendement net ne sera plus réduit maintenant que par la réduction de l'écoulement massif due à la réduction de la densité de l'air aux températures ambiantes plus élevées. Pour une élévation de la température ambiante de l'air de 15 à 38 °C, la perte de puissance ne sera plus que d'environ 9 % seulement, alors que la perte de puissance due à l'abaissement des composantes de rendement peut être évitée en maintenant constante la vitesse.

On a constaté que la consommation supplémentaire de puissance du compresseur selon l'invention est inférieure au gain de rendement net. Selon le cycle, une consommation de puissance du ou des compresseurs de 100 CV donnera un gain de rendement net d'environ 150 CV pour une installation de turbines à gaz à cycle simple et un gain plus élevé dans le cas d'installations à cycle complexe.

Lorsque l'installation comprend deux ou plusieurs compresseurs mécaniquement indépendants fonctionnant à différentes pressions, l'écoulement massif est déterminé par la vitesse du compresseur à plus basse pression. Il suffit généralement de fournir une puissance supplémentaire au compresseur à plus basse pression seulement.

Pour de nombreuses applications, en particulier les installations terrestres, la puissance supplémentaire est commodément fournie à l'arbre de compresseur par une turbine à gaz auxiliaire. Cette turbine à gaz peut être construite pour une courte durée de service si l'on considère plus le faible prix de l'installation que la faible consommation de combustible, car elle ne fonctionnera qu'aux périodes de forte charge aux températures ambiantes élevées, et l'on n'en exigera son maximum de puissance que lorsque la turbine à gaz principale fonctionnera à charge maximum pendant le moment le plus chaud de l'année.

Une autre manière de réaliser l'invention consiste à fournir la puissance supplémentaire à l'arbre de compresseur au moyen d'une turbine à vapeur qui peut être accouplée par l'intermédiaire d'engrenages démultiplicateurs. Une telle turbine à vapeur peut être combinée avec un récupérateur de chaleur d'échappement pour améliorer le rendement thermique de l'installation, ce qui peut être désirable

quand le facteur charge est élevé, comme par exemple dans les installations de propulsion de navires. Selon cette forme de l'invention, la vapeur produite par une chaudière à récupération de la chaleur d'échappement est, en service normal, fournie à une turbine à vapeur accouplée à l'arbre de compresseur. La puissance supplémentaire fournie à l'arbre du compresseur quand c'est nécessaire, s'obtient alors en fournissant à la turbine de la vapeur provenant d'une source extérieure, ou en augmentant le régime d'évaporation de la chaudière auxiliaire au moyen d'un chauffage supplémentaire ou indépendant.

Si, en service normal, la vapeur de la chaudière à récupération est utilisée pour entraîner une génératrice auxiliaire, on peut augmenter, quand il en est besoin, la puissance fournie à l'arbre de compresseur en faisant fonctionner un groupe auxiliaire indépendant entraîné, par exemple, par un moteur Diesel, en coupant l'installation auxiliaire de vapeur et en détournant la vapeur qu'elle produit à la turbine accouplée à l'arbre du compresseur.

L'agencement selon l'invention peut donc comprendre :

1° Une chaudière à récupération des gaz d'échappement située après la turbine à gaz, ou après le récupérateur lorsque l'installation en comporte un;

2° Une chaudière auxiliaire, ou des moyens de chauffage supplémentaire ou de chauffage indépendant d'une chaudière à chaleur perdue;

3° Deux turbines à vapeur, une accouplée à l'arbre de compresseur et l'autre fournissant la puissance auxiliaire. Aux conditions ambiantes normales, une certaine quantité de la vapeur est fournie à la turbine du compresseur, le reste à l'installation auxiliaire. La puissance supplémentaire nécessaire à compenser l'effet d'élévation de la température ambiante ou la baisse des rendements des turbines ou des compresseurs peut être obtenue en réduisant ou en arrêtant complètement l'alimentation en vapeur de l'installation auxiliaire et/ou en produisant davantage de vapeur quand il en est besoin. Les moyens destinés à fournir la puissance supplémentaire à l'arbre ou aux arbres du ou des compresseurs peuvent être également utilisés avantageusement pour le démarrage de la turbine à gaz.

Des formes de réalisation préférées de l'invention sont représentées aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 représente une installation de turbine à gaz dans laquelle une puissance supplémentaire est fournie à l'arbre du compresseur basse pression par une turbine à gaz auxiliaire;

Les figures 2, 3 et 4 se réfèrent aux installations de turbines à gaz à cycle simple pourvues d'un récupérateur de chaleur. Dans ce cas, l'alimentation en puissance supplémentaire du compresseur est combinée avec la récupération de chaleur des gaz d'échappement en utilisant des turbines à vapeur

associées à des chaudières à récupération de chaleur d'échappement et des chaudières auxiliaires.

Si l'on considère la figure 1, l'air atmosphérique est aspiré par une conduite d'admission 1 et comprimé dans un compresseur à basse pression 2. De ce dernier, l'air passe, par un réfrigérateur réciproque 3, à un compresseur à haute pression 4, puis est conduit à une chambre de combustion 5. Les gaz produits par la chambre de combustion passent d'abord dans une turbine à haute pression 6 qui entraîne un compresseur haute pression seulement, puis dans une turbine à pression intermédiaire 7 qui fournit le rendement net, dans l'exemple choisi, en entraînant un alternateur 8. Les gaz passent ensuite dans une turbine basse pression 9 qui entraîne le compresseur à basse pression 2, et se déchargent éventuellement dans l'atmosphère.

La puissance supplémentaire est fournie à l'arbre du compresseur basse pression 2, quand il en est besoin, au moyen d'une turbine à gaz auxiliaire comprenant un compresseur 10, une chambre de combustion 11 et une turbine 12 qui entraîne le compresseur 2, en fournissant à ce dernier sa puissance nette par l'intermédiaire d'un démultiplicateur à engrenages 13. Un accouplement amovible, par exemple un accouplement hydraulique, est monté entre l'engrenage à faible vitesse du démultiplicateur 13 et le compresseur 2 afin de permettre le désaccouplement de la turbine à gaz auxiliaire quand elle n'est pas nécessaire.

L'alimentation en combustible de la turbine à gaz auxiliaire est de préférence réglée manuellement afin d'obtenir la température d'admission désirée.

Normalement, la turbine à gaz auxiliaire ne devra donner son maximum de puissance que durant quelques heures seulement chaque jour pendant le moment le plus chaud de l'année, et son temps total de marche à température maximum de turbine sera relativement court. Elle peut donc être construite à un faible prix de revient pour une courte durée de service.

La figure 2 représente une turbine à gaz de marine fonctionnant sur un cycle simple avec un récupérateur de chaleur utilisant un circuit de vapeur qui combine l'alimentation en puissance supplémentaire du compresseur avec la récupération de chaleur des gaz d'échappement.

L'air atmosphère est aspiré par un conduit d'admission 101 et comprimé dans un compresseur 102. L'air comprimé passe par une conduite d'arrivée d'air 103 au collecteur d'admission du récupérateur 105, s'écoule par les tubes du récupérateur 105 au collecteur de sortie 106, puis par une courte conduite 107 arrive à une chambre de combustion 108. Les gaz de la chambre de combustion passent d'abord dans une turbine à haute pression 109 qui entraîne le compresseur 102, puis dans une turbine à basse pression 110 qui entraîne une

hélice, non représentée, par l'intermédiaire d'un démultiplicateur à engrenages 111.

Les gaz passent alors dans le récupérateur de chaleur et sortent des tubes 105. En quittant le récupérateur, les gaz servent à chauffer une chaudière à vapeur 112 qui comporte un surchauffeur 113 et se déchargent éventuellement dans l'atmosphère par une cheminée. L'installation d'évaporation comprend aussi une chaudière à chauffage séparé 114.

La vapeur est utilisée dans deux turbines à vapeur. L'une, la turbine auxiliaire du navire 115, entraîne une génératrice ou alternateur auxiliaire 116 par l'intermédiaire d'un démultiplicateur 117. L'alimentation en vapeur de cette turbine est réglée par un régulateur de vitesse 118 qui règle l'alimentation en vapeur selon les besoins de puissance auxiliaire. Le reste de la vapeur est utilisé dans une turbine 119 qui fait partie de l'installation principale de propulsion. L'alimentation en vapeur de cette turbine est réglée par un régulateur de pression 120 qui commande une ou plusieurs vannes d'admission de vapeur de manière à maintenir constante la pression de vapeur vive. Lorsque la pression de vapeur vive augmente la soupape d'admission s'ouvre davantage, rétablissant ainsi la pression. Inversement, lorsque la pression de vapeur vive s'abaisse, la soupape se ferme à nouveau pour rétablir la pression à son niveau normal. En outre, l'installation est pourvue d'une ou de plusieurs vannes d'admission de vapeur commandées à la main, 121. Ces vannes ne sont utilisées que pour l'admission de vapeur requise pour la puissance supplémentaire. En résultat, la turbine auxiliaire de propulsion 119 recevra toute la vapeur disponible non requise par la turbine auxiliaire 115 du navire. L'échappement des deux turbines 119 et 115 est recueilli dans un condenseur commun 122.

Le navire est pourvu d'un second groupe générateur auxiliaire. Ce groupe qui peut être entraîné par tout type approprié de machine motrice, n'est pas représenté sur le schéma. Le navire peut également être pourvu d'un autre générateur auxiliaire 123 qui peut être accouplé à un arbre de la boîte de vitesses ou à l'arbre de turbine à basse pression.

La turbine à gaz de propulsion permet d'obtenir la puissance requise à la température d'admission de turbine maximum permise et une température modérée d'air ambiant, par exemple de 18° C en tenant compte de l'alimentation normale en vapeur fournie par la chaudière à récupération. Aux températures ambiantes plus basses, cette installation de turbine à gaz fonctionnera à une température d'admission de turbine réduite, de sorte que la turbine n'est pas utilisée à sa capacité maximum. Lorsque la température ambiante s'élève au-dessus d'une valeur déterminée, on peut arrêter la turbine à vapeur auxiliaire du navire, 115, et mettre en marche une installation auxiliaire indépendante.

L'alimentation supplémentaire en vapeur ainsi fournie à la turbine 119 permet à l'installation de propulsion du navire de conserver la puissance requise aux températures ambiantes un peu plus élevées atteignant jusqu'à 27° C par exemple, sans dépasser la température d'admission maximum permise. Aux températures ambiantes encore plus élevées, il est nécessaire de mettre en marche la chaudière à vapeur 112 qui fournit alors une alimentation en vapeur plus forte à la turbine. Pour éviter l'utilisation d'une chaudière trop importante, la capacité de vapeur peut être limitée, et pendant les températures très élevées qui ne se produisent que rarement et habituellement sur la côte, une baisse du rendement peut être acceptée. Pour la détermination de la dimension de la chaudière, des tolérances doivent être prévues pour une certaine baisse du rendement des composantes du fait du dépôt formé sur l'aubage ou de la corrosion de celui-ci.

La température ambiante variant en général lentement et une certaine marge de puissance étant habituellement prévue, le démarrage et l'arrêt de la turbine auxiliaire 115 et/ou de la chaudière auxiliaire 114 n'ont pas besoin d'être effectués fréquemment. On compense mieux de petites variations de température ambiante en permettant à la température d'admission de turbine de varier dans une gamme acceptable.

Ainsi, l'agencement représenté à la figure 2 utilise la chaleur des gaz d'échappement après le récupérateur de chaleur, en combinaison avec une chaudière destinée à fournir la puissance supplémentaire au compresseur. Cette puissance supplémentaire pour le compresseur peut être obtenue de deux manières, par une production indépendante de puissance auxiliaire et/ou par une alimentation indépendante en vapeur.

L'installation de turbine à gaz est démarrée par la turbine 119 alimentée en vapeur par la chaudière auxiliaire 114.

La figure 3 représente d'autres agencements de la chaudière auxiliaire 214 et des turbines à vapeur 215 et 219, mais est par ailleurs identique à la figure 2. A la figure 3, la chaudière auxiliaire nécessaire 214 est agencée pour décharger ses gaz d'échappement par un conduit 223 dans l'écoulement principal des gaz de la turbine à gaz après le récupérateur de chaleur. Deux manières de fournir l'air de combustion à la chaudière auxiliaire sont représentées *a* par un ventilateur de tirage forcé 224 et *b* par extraction des gaz du cycle de turbine à gaz après la turbine à basse pression. La seconde alternative est une proposition plus pratique car les gaz d'échappement ont une teneur en oxygène suffisante pour servir d'air de combustion et la chute de pression dans le récupérateur avec une faible écoulement de gaz dans la chaudière 214 sera suffisante pour le brûleur et les surfaces de chauffage.

Cet agencement présente l'avantage de permettre à la chaudière auxiliaire de fonctionner avec une température de sortie de gaz assez élevée et n'exige par conséquent qu'une faible surface de chauffage. L'utilisation des gaz des cycles de turbine à gaz pour la combustion réduit la perte totale dans la cheminée. Elle exige toutefois l'utilisation d'une vanne étanche 225 pour l'extraction des gaz des cycles de turbines et/ou une autre vanne 226 après le ventilateur 224.

La turbine auxiliaire 215 est une turbine à contre pression de laquelle la vapeur est conduite en un point intermédiaire de la turbine auxiliaire de propulsion principale 219 qui est ainsi une turbine à pression mixte. La vapeur fournie à la turbine auxiliaire de propulsion est réglée par un régulateur de pression 220 qui maintient la pression en avant des deux turbines 215 et 219 à la valeur préalablement réglée. Lorsque la pression s'élève, la vanne 220 s'ouvre, si elle baisse, la vanne 220 se ferme. Le dispositif de commande assure donc que la valeur requise pour les besoins du navire en puissance auxiliaire sera fournie à la turbine auxiliaire du navire. Le reste de la vapeur vive sera fourni au premier étage de la turbine auxiliaire de propulsion 219. Toute la vapeur, sauf la quantité extraite pour le chauffage d'alimentation, est conduite au condenseur 222. L'installation est également pourvue de vannes d'admission de vapeur 221 commandées à la main.

La combinaison d'une turbine auxiliaire, de navire, à contre pression et d'une turbine auxiliaire de propulsion principale à pression mixte présente l'avantage de ne pas répéter les étages basse pression dans les deux turbines. Ceci amène une amélioration du rendement et des réductions à la fois du poids et du prix de revient de l'installation de turbines à vapeur.

Ainsi qu'à la figure 2, la turbine auxiliaire de propulsion 219 peut être utilisée pour le démarrage de l'installation de turbines à gaz, si pendant le démarrage, la vapeur est produite dans la chaudière auxiliaire 214 utilisant le ventilateur 224 pour l'air de combustion. Après le démarrage, la chaudière auxiliaire est maintenue en charge jusqu'à ce que la chaudière à récupération 212 produise suffisamment de vapeur pour les besoins normaux.

La figure 4 montre le schéma d'une installation dans laquelle la turbine à gaz fonctionne en parallèle avec l'installation à vapeur.

L'installation de turbines à gaz est identique à celle de la figure 2, sauf qu'une turbine à basse pression 310 entraîne un alternateur 327. En service normal, la vapeur produite dans la chaudière 312 est utilisée dans la turbine 319. L'installation à vapeur comprend une ou plusieurs chaudières 328 et un ou plusieurs turbo-alternateurs 329.

Pour le démarrage et pour l'alimentation en puis-

sance supplémentaire du compresseur 302, la vapeur est admise à la turbine 319 par une vanne 330.

On remarquera que les diverses installations décrites pour expliquer l'invention ont été citées à titre d'exemple, des modifications possibles restant dans la portée de l'invention.

#### RÉSUMÉ

Installation de force motrice comprenant une turbine à gaz entraînant un arbre de transmission et une seconde turbine mécaniquement séparée entraînant un compresseur de la turbine à gaz, caractérisée par l'un ou plusieurs des points suivants :

1° Une turbine supplémentaire, ou troisième turbine construite pour fonctionnement temporaire seulement est associée à l'installation pour assister la turbine entraînant le compresseur afin de compenser au moins en partie la perte de puissance de sortie de l'installation due à une élévation de température de l'air ambiant.

2° La turbine entraînant le compresseur est une turbine à gaz fonctionnant à une pression plus élevée que la turbine fournissant la puissance de sortie;

3° Les deux turbines sont agencées pour l'écoulement en série de l'agent moteur.

4° Le fluide moteur alimentant la turbine à gaz est fourni par plusieurs étages de compression, et la turbine supplémentaire est agencée pour assister l'entraînement de l'étage basse pression de compression;

5° La turbine supplémentaire est une turbine à gaz équipée d'une chambre de combustion séparée lui fournissant le fluide moteur;

6° La turbine supplémentaire est une turbine à vapeur;

7° La vapeur destinée à entraîner la turbine supplémentaire est fournie par une chaudière pourvue d'un foyer séparé;

8° La vapeur entraînant la turbine supplémentaire est produite dans un appareil de récupération de la chaleur d'échappement de l'installation de puissance à turbines à gaz;

9° La troisième turbine est une turbine à vapeur qui normalement fournit au moins une partie de la puissance d'entraînement du compresseur de l'installation de puissance à turbines à gaz, et des moyens sont prévus pour augmenter le régime d'alimentation en vapeur afin de compenser au moins en partie la perte de puissance de sortie due à l'élévation de la température ambiante.

10° Une chaudière à récupération qui normalement sert à alimenter en vapeur une turbine entraînant des éléments auxiliaires tels qu'un alternateur, peut être utilisée pour fournir temporairement la vapeur à la turbine supplémentaire tandis qu'une machine motrice de secours, tel qu'un moteur Diesel, peut servir au besoin pendant cette période pour entraîner les éléments auxiliaires.

11° La turbine supplémentaire est une turbine à vapeur agencée pour servir également au démarrage de l'installation de puissance à turbine à gaz.

12° La chambre de combustion d'une chaudière fournissant la vapeur à une troisième turbine ou turbine supplémentaire est raccordée à l'échappement de la turbine à gaz entraînant l'arbre de transmission, pour en recevoir au moins une partie de l'oxygène nécessaire à la combustion;

13° La troisième turbine ou turbine supplémentaire est une turbine à vapeur qui possède un étage de pression intermédiaire alimenté par la vapeur d'échappement d'une turbine qui entraîne normalement les éléments auxiliaires, et dont le premier étage de pression est alimenté en vapeur fraîche par une chaudière alimentant normalement les éléments auxiliaires, des organes de réglage assurant normalement les besoins en vapeur de la turbine entraînant les éléments auxiliaires de préférence à ceux de la turbine supplémentaire de l'installation de puissance de sortie.

Société dite :

THE BRITISH THOMSON-HOUSTON COMPANY LIMITED.

Par procuration :

Office JOSSE.

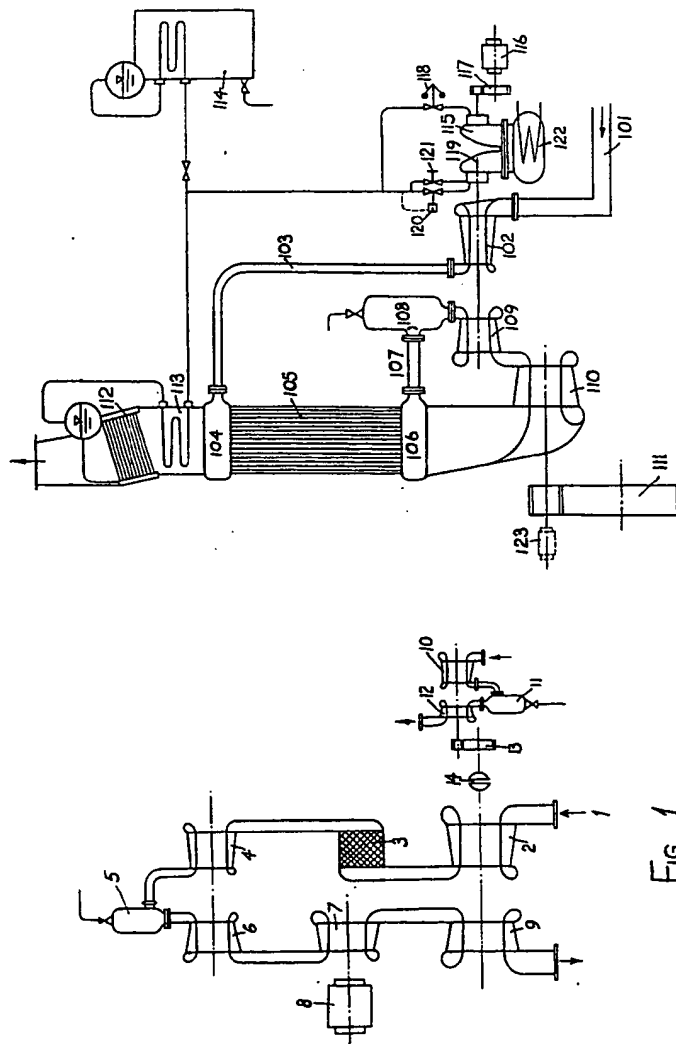


FIG. 1

Fig. 2

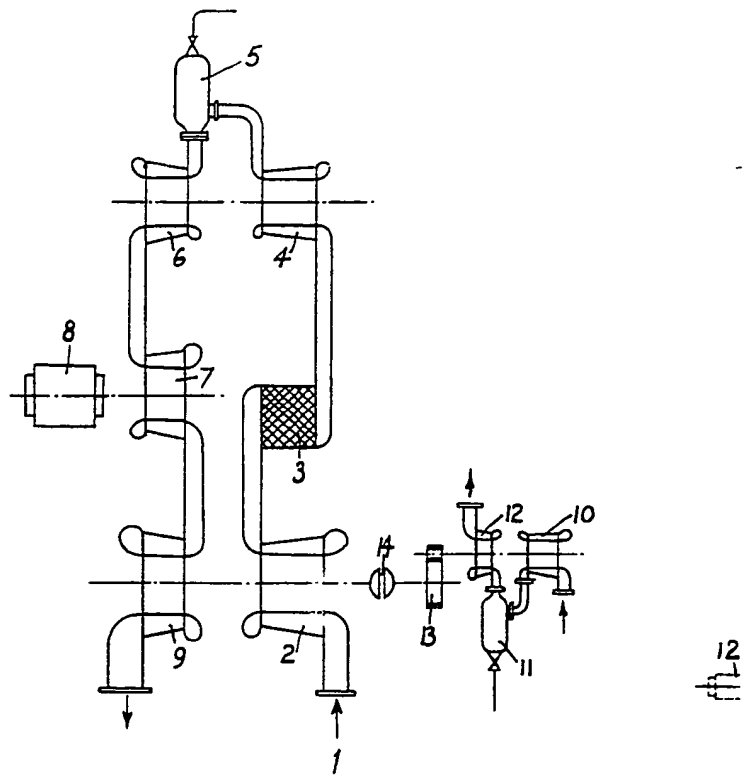


FIG. 1

Société dite :  
Thomson-Houston Company Limited

2 planches. — Pl. I

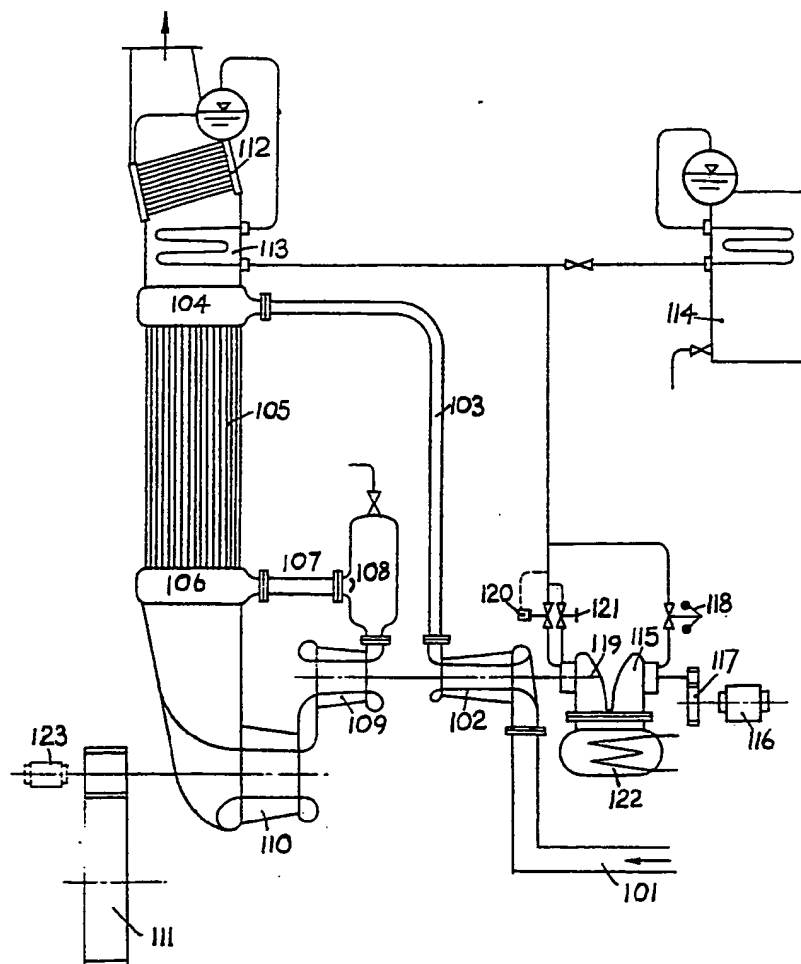


FIG. 2



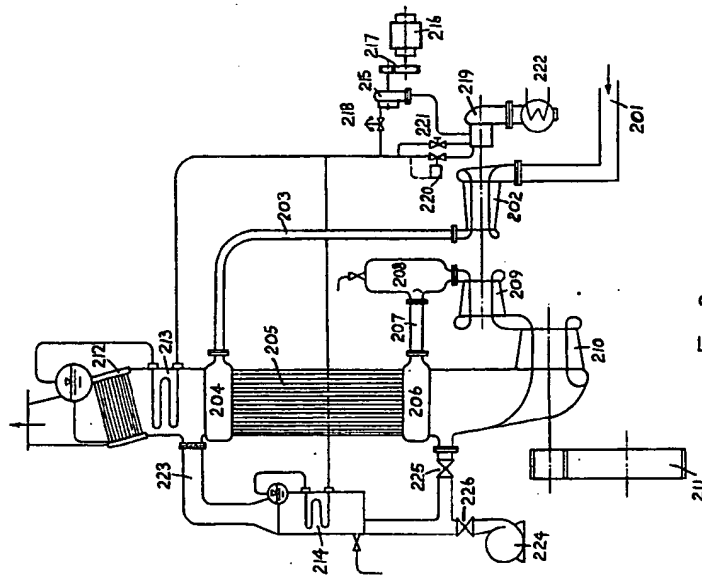


Fig. 3

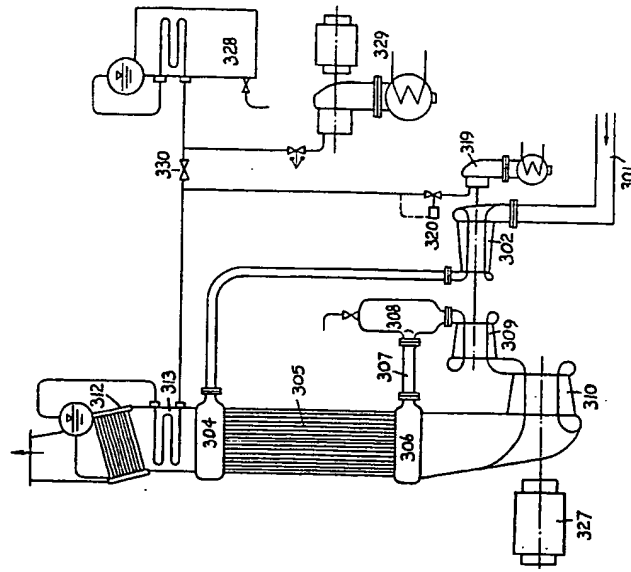


Fig. 4

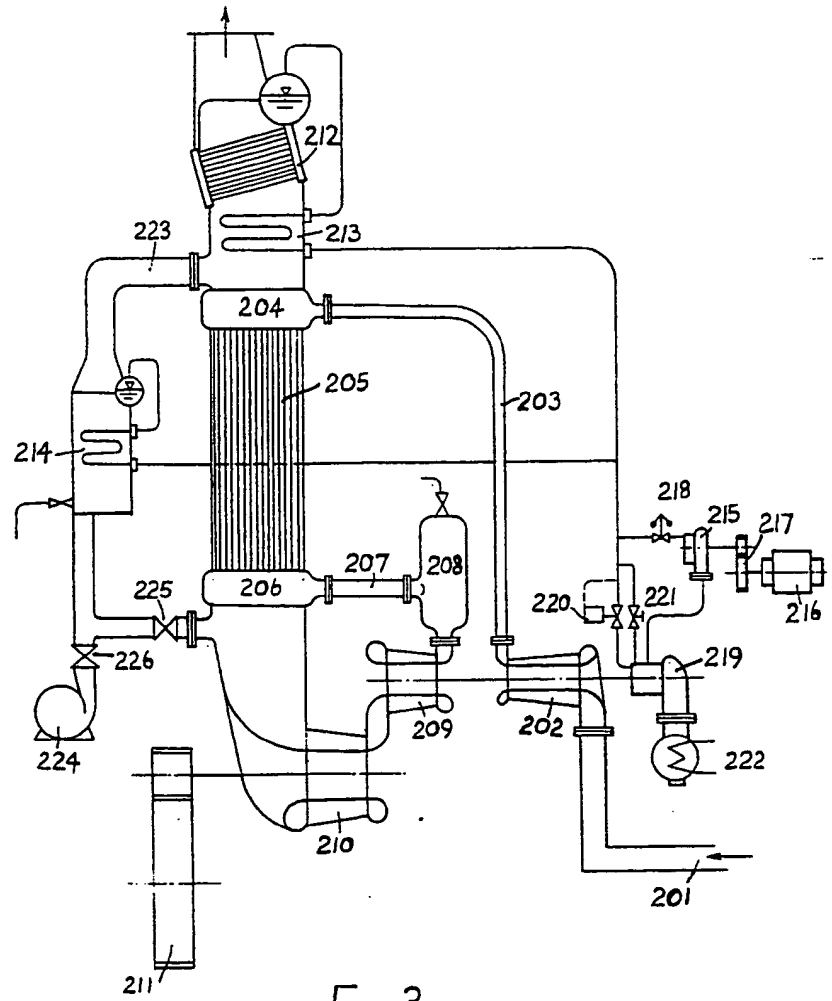


FIG. 3

**British Thomson-Houston Company Limited**

2 planches. — Pl. II

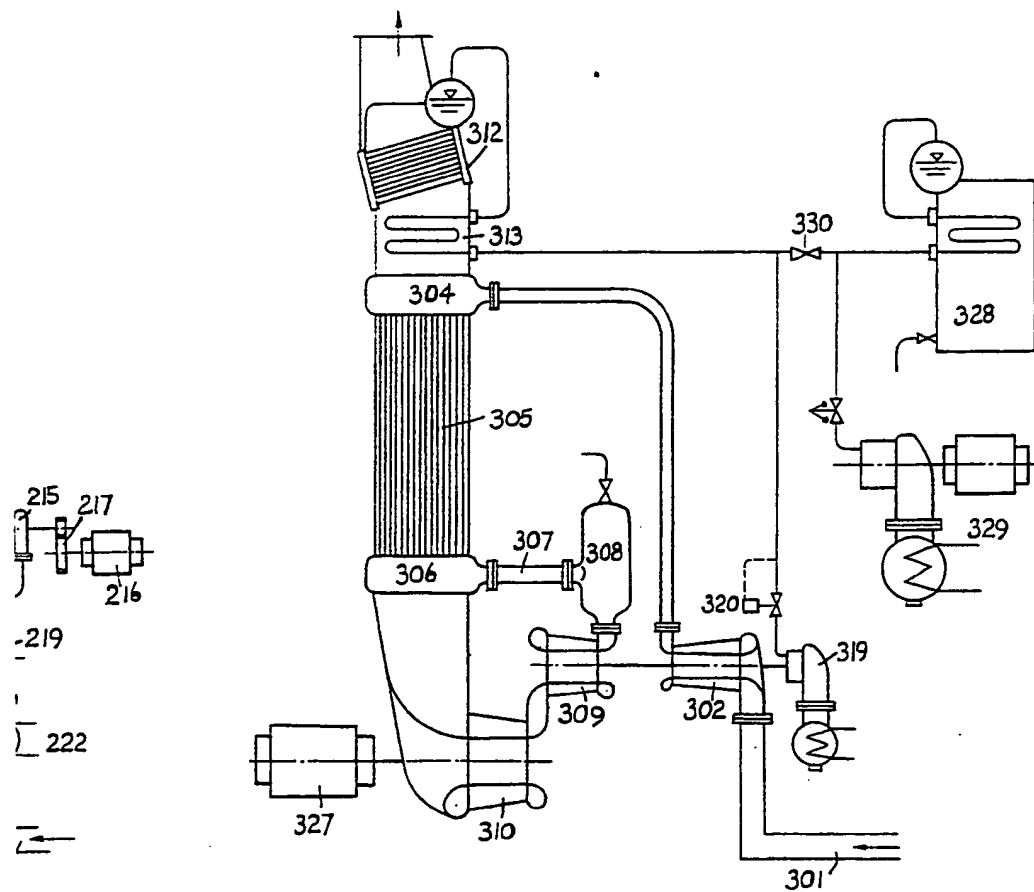


FIG. 4